

Evaluasi Konektivitas Sumur Reinjeksi Terhadap Sumur Produksi Dan Pengaruhnya Berdasarkan Analisa Tritium Pada Lapangan Panasbumi “X”

Abstrak

Lapangan Panasbumi “X” merupakan lapangan panasbumi tertua di Indonesia. Seiring berjalannya waktu, massa uap yang diproduksi mengalami penurunan (decline), untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan penambahan massa uap melalui injeksi. Untuk mengetahui pengaruh fluida reinjeksi terhadap sumur produksi di sekitarnya maka diadakan uji perunut (tracer) menggunakan Tritium (^3H). Dari hasil uji perunut tritium diketahui bahwa sumur reinjeksi X-21 memiliki konektivitas terhadap sumur produksi X-49 dan X-67. Dengan bantuan model program TRINV dan TRCOOL diketahui pula bahwa masa fluida cenderung mengalir ke arah sumur produksi X-67 dibanding ke arah sumur produksi X-49.

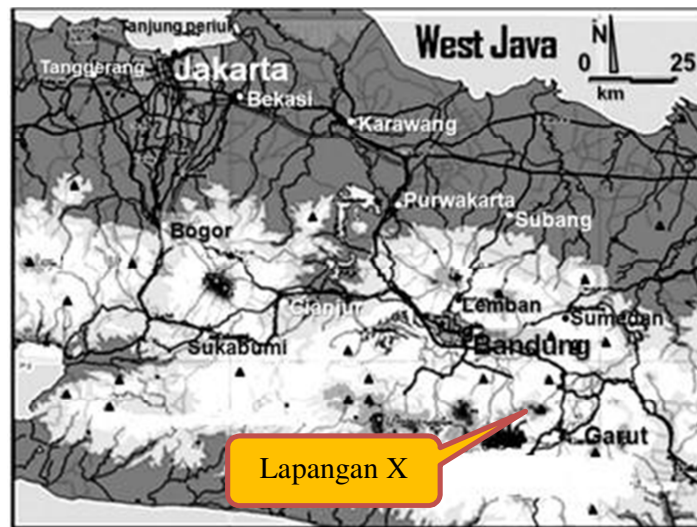
PENDAHULUAN

Lapangan panasbumi “X” seperti tampak pada gambar 1 merupakan salah satu dari sekian banyak lapangan panasbumi di Indonesia dan merupakan lapangan panasbumi yang paling lama dieksploitasi. Ketinggian daerah berkisar antara 1640 – 1730 m diatas permukaan laut (dapl), dan koordinat $7^{\circ} 5' 30''$ LS dan $107^{\circ} 17' 30''$ BT. Area panasbumi “X” terletak di dalam suatu rangkaian pegunungan, dengan panjang 15 Km dan lebar 4 – 5 Km. Rangkaian ini memanjang dari Gunung Rakutak dibagian barat – barat daya sampai Gunung Guntur dibagian timur – timur laut dan dihubungkan oleh adanya kompleks gunung api berarah barat – barat daya ke timur – timur laut yang meliputi Gunung Rakutak, Komplek Ciharus, Komplek Pangkalan, Komplek Gandapura, Gunung Masigit, dan Gunung Guntur.

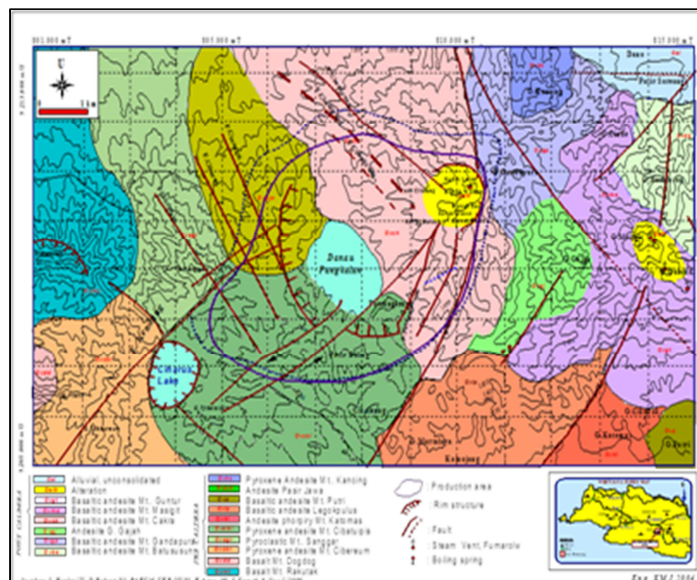
Mengenai reservoirnya, Lapangan panasbumi “X” memiliki reservoir sistem Vapour Dominated, yaitu jenis reservoir yang menghasilkan produksi uap air dengan fasa uapnya dominant, sehingga uap yang diproduksi merupakan jenis uap kering (dry stem) yang memiliki kandungan H_2S yang rendah dimana dampak pencemarannya sangat rendah. Reservoir di Lapangan panasbumi “X” memiliki tekanan sebesar 34 – 36 ksc dan temperatur $141^{\circ} - 245^{\circ}$ C dengan luas area produksi yang terbukti 22 km^2 .

Sistem vapour dominated ini mempunyai keunggulan karena memiliki kandungan H_2S kecil. Dalam produksinya tidak diperlukan separator, sebab terdiri dari 97% uap kering dan 3% uap basah.

Adapun kelemahan dari sistem ini adalah untuk mengekstraksikan panas kita harus menginjeksikan air, dengan tujuan untuk meningkatkan heat recovernya, dengan kata lain energi geothermalnya dapat diperbaharui.



Gambar 1. Peta Lokasi Lapangan Panasbumi “X”



Gambar 2. Peta Geologi Lapangan Panasbumi X

Program TRINV

Program TRINV (tracer inversion) adalah salah satu program yang dibuat oleh divisi Geosciences National Energy Authority (Orkustofnum) Eslandia. TRINV digunakan untuk interpretasi data perunut, menghitung waktu terobosan, mass recovery dan berbagai parameter system reservoir panasbumi seperti kecepatan alir (flow velocity), difusitas dan koefisien dispersi. Persamaan matematis yang mendasari program ini adalah persamaan Axelsson, 2003.

$$c(t) = \frac{uM}{Q} \frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} e^{-(x-ut)^2/4Dt} \quad (1)$$

$$D = \alpha_L u \quad (2)$$

$$u = \frac{q}{\rho A \phi} \quad (3)$$

Di mana :

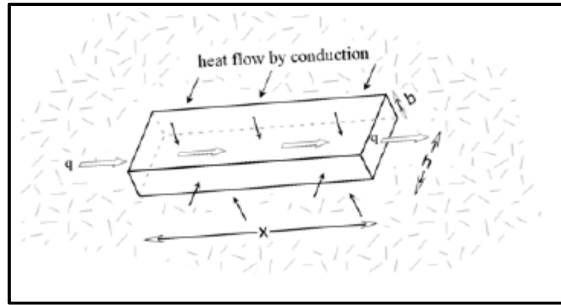
$c(t)$	= konsentrasi perunut pada sumur produksi (kg/m^3)
Q	= laju produksi, (kg/s)
x	= jarak antara sumur reinjeksi dengan sumur produksi, (m)
D	= koefisien dispersi, (m^2/s)
M	= jumlah massa perunut yang diinjeksikan, (kg)
u	= kecepatan alir, (m/s)
α_L	= longitudinal dispersivitas, (m)
ρ	= densitas air, (kg/m^3)
q	= laju injeksi, (kg/s)
A	= luas penampang lintang lintasan, (m^2)
ϕ	= porositas lintasan, ($\%$)

TRINV merupakan bentuk program inverse modeling, di mana sebaran data diskret dalam runag dan waktu hasil monitoring perunut pada tiap sumur pengamatan diolah untuk menghasilkan karakter system reservoir panasbumi in situ. Input yang dibutuhkan dalam program ini adalah :

1. Konsentrasi perunut terhadap waktu (dalam detik).
2. Jumlah pulsa / puncak perunut (tracer pulse), sesuai dengan pengamatan perunut. Jumlah puncak ini menggambarkan flowpath perunut dari sumur reinjeksi ke sumur produksi. Jumlah pulsa yang lebih dari satu menunjukkan flowpath perunut yang juga lebih dari satu.
3. Jumlah perunut yang diinjeksikan (kg). Untuk perunut radioaktif, satuan (Ci, Bq, atau TU) dapat disetarakan dengan kg.
4. Laju produksi (production rate) dan laju injeksi (injection rate) dalam kg/s .
5. Massa jenis air di dalam reservoir dan di lab (kg/m^3).

Program TRCOOL

Program ini digunakan untuk memprediksi penurunan temperatur pada reservoir panasbumi. Program ini merupakan bentuk forward modeling dengan input karakter reservoir yang telah diketahui seperti : temperatur aktual reservoir, kapasitas dan konduktivitas panas reservoir, massa jenis reservoir, porositas zona patahan dan tinggi serta lebar zona patahan. Dalam studi ini model yang digunakan adalah model aliran pada media rekahan yang dianggap memiliki ketebalan dan ketinggian yang seragam. Model ini gambar 3 diturunkan dengan asumsi adanya aliran panas didalam media alir dan juga adanya aliran panas dari batuan ke fluida.



Gambar 3. Model Aliran Pada Media Rekah Yang Digunakan

Persamaan yang digunakan untuk prediksi penurunan temperatur digunakan persamaan yang dikembangkan oleh Bodvarsson (1972) dan digunakan oleh Axelsson (2003) adalah sebagai berikut :

$$T(t) = T_0 - \frac{q}{Q} (T_0 - T_i) \left[1 - \operatorname{erf} \left\{ \frac{kxh}{c_w q \sqrt{\kappa \left(t - \frac{x}{\beta} \right)}} \right\} \right] \quad (4)$$

$$\beta = \frac{q c_w}{(\rho c)_f h b} \quad (5)$$

$$(\rho c)_f = \rho_w c_w \phi + \rho_r c_r (1 - \phi) \quad (6)$$

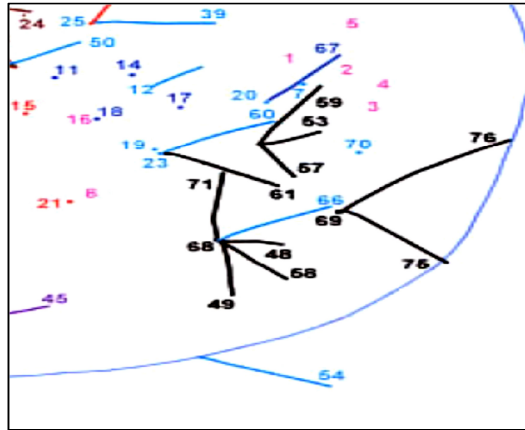
di mana :

- $T(t)$ = temperatur fluida di sumur produksi pada saat t , (°C)
- T_0 = temeperatur awal reservoir, (°C)
- T_i = temperatur air reinjeksi, (°C)
- q = laju reinjeksi air, (kg/s)
- Q = laju produksi, (kg/s)
- erf = fungsi dari error
- k = konduktivitas panas reservoir, (W/m°C)

c = kapasitas panas, (J/kg°C)
 ρ = densitas, (kg/m³)
 ϕ = porositas, (%)
 κ = diffusivitas panas
 $\langle \rho c \rangle_f$ = kapasitas panas volumetrik material pada media alir
 x = jarak antara sumur reinjeksi dengan sumur produksi, (m)
 h = tinggi zona patahan, (m)
 b = lebar zona patahan, (m)

PEMBAHASAN

Pelaksanaan pengujian *tracer* pada Lapangan panasbumi “X” di tahun 2008 dilakukan pada sumur X-21 tampak pada gambar 4. Injeksi perunut tritium dilakukan dengan laju injeksi (injection rate) pada sumur X-21 sebesar 16 kg/s.



Gambar 4. Peta Lokasi Sumur Injeksi Dan Sumur Produksi Lapangan Panasbumi X

Data hasil uji perunut berupa data konsentrasi perunut pada waktu tertentu yang terproduksi pada sumur produksi. Sumur Produksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumur X-49 dan X-67. Konsentrasi hasil pengamatan Tritium pada sumur produksi tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Monitoring Tes Perunut Pada Sumur Produksi X-49 dan X-67

Days	X-49 TU	X-67 TU
0	-	-
16	1,63	7,43
39	4,1	22,21
52	21,45	-
67	0,49	10,48

Data hasil pengamatan diselaraskan dengan menggunakan model program TRINV. Dalam proses pemodelan program TRINV digunakan juga data – data seperti diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Sumur Produksi Lapangan Panasbumi X

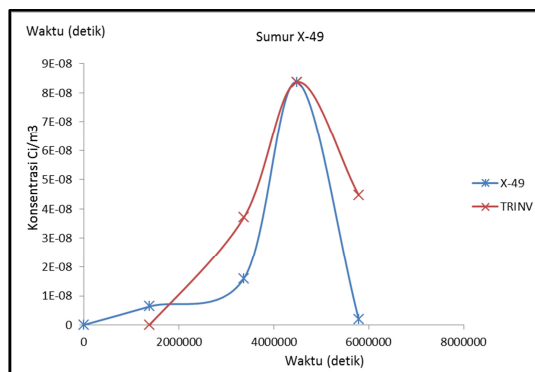
Sumur Produksi	Jarak Sumur (m)	Laju Produksi (kg/s)
X-49	750	12,11
X-67	1200	13,54

Setelah semua data yang dibutuhkan telah terkumpul, maka masing – masing data dimasukkan dalam tiap parameter pemodelan program TRINV. Tabel 3 memperlihatkan hasil informasi data perhitungan program TRINV.

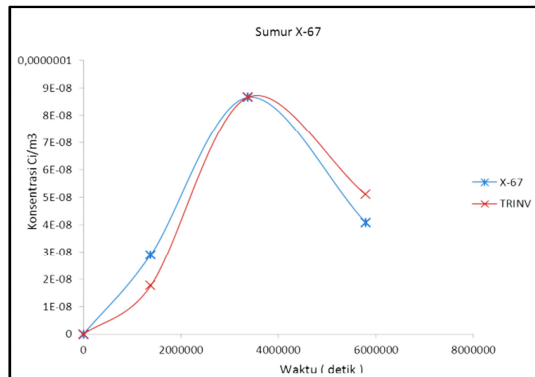
Tabel 3. Output Program TRINV Untuk Properti Reservoir Pada Sumur X-49 Dan X-67

Parameter	X-49	X-67
Flow velocity, u (m/s)	0,0001 7	0,0004 6
Dispersion Coefficient, D(m ² /s)	0,0008 7	0,1073 9
Cross section of path, AΦ (m ²)	0,55	0,78
Dispersivity, L (m)	4,94	230,7
Mass recovery, Mr (%)	5,8	21,5

Pada gambar 5 dan gambar 6 diperlihatkan hasil penyelarasan untuk data dari sumur pengamatan X-49 dan X-67.



Gambar 5. Plot Konsentrasi Tritium Monitoring Dan Perhitungan vs Waktu Pada Sumur X-49



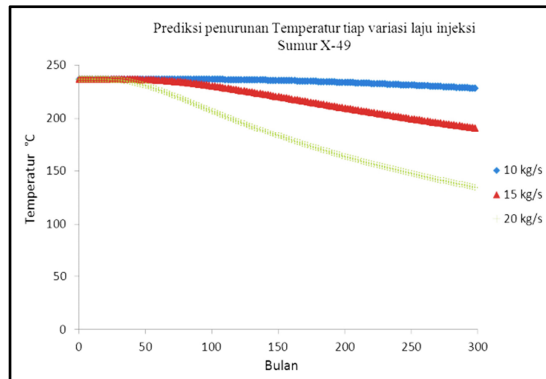
Gambar 6. Plot Konsentrasi Tritium Monitoring Dan Perhitungan vs Waktu Pada Sumur X-67

Dalam membuat model prediksi penurunan temperatur diperlukan data – data reservoir dari lapangan panasbumi “X”. Dan dalam membuat model menggunakan tiga asumsi untuk masing – masing laju injeksi yaitu sebesar 10, 15, dan 20 kg/s. Data – data parameter lain yang diperlukan seperti tecantum dalam tabel 4 dibawah.

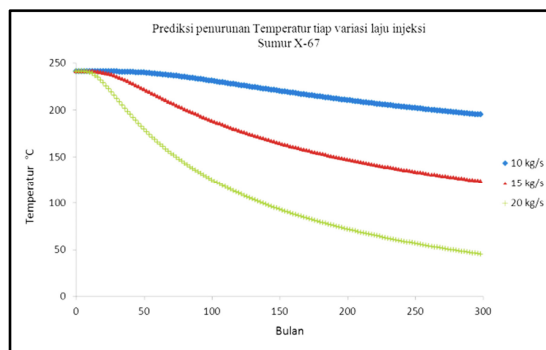
Tabel 4. Data – data Reservoir Lapangan Panasbumi X

Parameter	Sumur Produksi					
	X-49			X-67		
Temperatur awal reservoir, T ($^{\circ}C$) 2008	230			240		
Temperatur air reinjeksi, T_i ($^{\circ}C$)	40			40		
Laju produksi, Q (kg/s)	12,11			13,54		
Laju reinjeksi, q (kg/s)	10	15	20	10	15	20
Konduktivitas panas reservoir, k ($W/m^{\circ}C$)	2,8			2,8		
Kapasitas panas reservoir, C_r ($J/kg^{\circ}C$)	800			800		
Kapasitas panas air reinjeksi, C_w ($J/kg^{\circ}C$)	4179			4179		
Densitas batuan reservoir, ρ (kg/m^3)	2600			2600		
Lebar daerah patahan, b (m)	0,01			0,01		
Tinggi daerah patahan, h (m)	430			470		
Porositas, Φ ($\%$)	10			10		

Pada grafik di gambar 7 dan gambar 8 menunjukkan penurunan temperatur yang dipengaruhi laju alir injeksi. Berturut – turut dari warna biru, merah kemudian hijau adalah 10, 15, dan 20 kg/s.



Gambar 7. Profil Penurunan Temperatur Sumur X-49 Tiap Variasi Laju Injeksi



Gambar 8. Profil Penurunan Temperatur Sumur X-67 Tiap Variasi Laju Injeksi

HASIL

Tracer test pada lapangan panasbumi “X” menggunakan Tritium (^3H), hasilnya menunjukkan adanya jalur aliran tracer antara sumur injeksi X-21 ke sumur produksi X-49, dan X-67.

Hasil penyelarasan menunjukkan kebanyakan aliran melalui satu buah rekahan (media alir). Ini terlihat secara grafis dengan terbentuknya satu puncak pada model yang diselaraskan dengan data uji.

Dari hasil perhitungan program TRINV memperlihatkan bahwa kecepatan aliran dominan menuju ke sumur X-67 dibanding ke arah sumur X-49 dengan rata – rata kecepatan alir sebesar 4.65×10^{-4} m/s.

Sama halnya untuk mass recovery, perunut tritium lebih dominan muncul pada sumur produksi X-67 yaitu sebesar 21.56 %. Semakin dekat jarak antara sumur injeksi dengan sumur produksi belum tentu semakin cepat tracer muncul di sumur produksi. Ini dibuktikan pada sumur X-67 yang mempunyai jarak yang jauh (

1200 m) dari sumur injeksi X-21 bila dibandingkan dengan sumur X-49 yang memiliki jarak lebih pendek (750 m). Hal ini terjadi karena flow path (lintasan) dari sumur injeksi X-21 ke sumur produksi X-49 memiliki volume yang lebih kecil ($0,55 \text{ m}^2$) dibandingkan dengan flow path (lintasan) dari sumur injeksi X-21 ke sumur produksi X-67 yang memiliki volume lebih besar ($0,78 \text{ m}^2$).

Hasil prediksi menunjukkan bahwa pada tahun 2025, dengan laju alir injeksi pada sumur X-21 sebesar 20 kg/s, maka temperatur sumur X-49 akan turun menjadi 213°C . Dan pada sumur X-67 pada tahun yang sama berdasarkan hasil prediksi dengan laju alir injeksi sebesar 20 kg/s, temperatur sumur akan turun menjadi $90,93^\circ\text{C}$. Penurunan temperatur pada sumur X-67 lebih yang lebih besar daripada sumur X-49 pada laju reinjeksi yang sama diakibatkan oleh besarnya cross section dan recovery factor antara sumur reinjeksi X-21 dengan sumur produksi X-67 (channeling).

KESIMPULAN

1. Tracer Test yang dilakukan menggunakan Tritium (^3H) menunjukkan adanya jalur aliran (konektivitas) antara sumur injeksi X-21 dengan sumur – sumur produksi X-49, dan X-67.
2. Dari output program TRINV diketahui bahwa mass recovery dan flow velocity dominan ke arah sumur produksi X-67.
3. Dari hasil prediksi dari program TRCOOL dengan laju alir injeksi yang sama, sumur produksi X-67 mengalami penurunan temperatur yang lebih besar dibanding dengan sumur produksi X-49.
4. Faktor yang mempengaruhi aliran antara sumur reinjeksi dengan sumur produksi adalah keberadaan dan sifat rekahan diantara kedua sumur.
5. Semakin besar laju alir injeksi maka akan berpengaruh terhadap semakin cepat penurunan temperatur pada sumur produksi yang berada disekitar sumur injeksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Zainal, “ Karakterisasi Reservoir Panasbumi Untuk Manajemen Lapangan Uap di Lapangan Kamojang – Jawa Barat “, Desertasi S-3, Universitas Gadjah Mada, 2003.
- Axelsson, G. “ Tracer Test in Geothermal Resource Management: Analysis and Cooling Prediction “. 2003.
- Gudni Axelsson, Grimur Bjornsson, Francisco Montalvo. “ Quantitative Interpretation of Tracer Test Data “, Proceeding World Geothermal Congress. Antalya, Turkey, 2005.
- Survey Injeksi Tracer Isotop Dan Analisis Isotop Alam di Area Geothermal Kamojang, Laporan Akhir, 2008.